

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Е.С. Эповой «Геоэкологические аспекты поведения химических элементов в условиях криогенной зоны окисления на примере Удоканского месторождения (восточное Забайкалье)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 – геоэкология (науки о Земле).

Актуальность работы определяется необходимостью глубокого изучения геохимических процессов, протекающих в условиях криолитозоны, имеющих важное прикладное и фундаментальное значение. Представленное диссертационное исследование выполнено на примере Удоканского месторождения, расположенного в районе развития толщ многолетнемерзлых пород. Разработка месторождений в подобных ландшафтно-геохимических условиях может сопровождаться значительным негативным воздействием на окружающую среду, последствия которых практически необратимы.

Цель работы – определение подвижности химических элементов в условиях криогенной зоны окисления Удоканского месторождения, прогноз геоэкологических последствий предстоящего его освоения. **Объект исследования** – сульфидные и окисленные руды Удоканского месторождения.

При выполнении исследования были **решены следующие задачи**: установлен характер влияния температурного режима, кислотности раствора и прочих факторов на интенсивность протекания процессов окисления; выявлен комплекс химических элементов и установлена их подвижность в системе кислый раствор – удоканские руды и породы, проведена геоэкологическая интерпретация данных о подвижности химических элементов при криогенных процессах. Сформулированные автором задачи исследований представляют несомненный интерес.

В результате выполнения диссертационного исследования автором **впервые** экспериментально показана зависимость активности извлечения химических элементов из руд от температурного режима. Доказано, что в сернокислых растворах в условиях низких температур активно переходят в раствор такие элементы как Cu, Ag, Pb, Al, Ti, Zr, P, а при положительных температурах высокой подвижностью характеризуются такие элементы как Ca, Be, Mn, Y, Cr, Co, Ni, Sr, K, Na. Обоснована особая роль в процессе криогенного выщелачивания руд Удоканского месторождения незамерзающей жидкой фазой сернокислого раствора, объем которой определяется исходной кислотностью раствора. На основе результатов экспериментального моделирования представлен прогноз геоэкологических последствий разработки Удоканского месторождения.

В своей работе Е.С. Эпова акцентирует внимание на трех защищаемых положениях, которые отражают не только постановку общей проблемы, но и в каждом из них дается решение отдельных её вопросов на основании представленного фактического материала и сделанных автором определенных выводов. С каждым защищаемым положением можно согласиться. Доказательная база защищаемых положений представлена в трех главах диссертации.

Рецензируемая работа состоит из введения, 3 глав, заключения, включая 41 рисунок, 15 таблиц. Список опубликованной литературы насчитывает 159 наименований.

В основу работы положен обширный фактический материал, полученный в результате полевых и экспериментальных исследований. В рамках экспериментальной части работы проведено 456 опытов в период с 2001 по 2013 гг. Для исследования вещественного состава руд и растворов были использованы современные аналитические методы, в том числе масс-спектральный с индуктивно связанной плазмой, позволяющий получить информацию о распространенности широкого спектра химических элементов. Достоверность сформулированных научных положений не вызывает сомнений.

По теме диссертации автор имеет 21 публикацию, в т. ч. 4 статьи опубликованы в реферируемых журналах из списка ВАК России, а также одна коллективная монография.

В 1-ой главе представлено геолого-географическое описание района исследований, рассмотрены особенности формирования криогенной зоны гипергенеза, представлена минералого-геохимическая характеристика руд и пород Удоканского месторождения меди. В разделе 1.1 достаточно подробно автор описывает геологические, геоморфологические, климатические условия района исследований, флору и фауну. Раздел достаточно краткий, но выполнен с использованием большого количества литературных источников, в т.ч. и современных. *В конце раздела 1.1. автор перечисляет основные факторы, определяющие устойчивость ландшафта к физико-механическому и химическому воздействию, среди которых наряду с пораженностью экзогенными геологическими процессами, льдистостью пород, крутизной склонов указывается мощность зоны аэрации, защищенность подземных вод. Однако в описании автор не приводит никакой информации о подземных и поверхностных водах района исследования, хотя в дальнейшем на стр. 103 указывается, что природные воды прежде всего будут подвергнуты негативному воздействию при разработке Удоканского месторождения. Информация о химическом составе природных вод и других компонентов позволила бы оценить существующее состояние природной среды.*

В разделе 1.2. автор подробно рассматривает процессы, протекающие в «криогенной зоне гипергенеза» на основе интерпретации обширного опубликованного материала. Необходимость этого раздела в диссертационном исследовании не вызывает сомнения. *Однако на взгляд оппонента иногда происходит смешение понятий, зона гипергенеза, криогенная зона гипергенеза, зона окисления сульфидных месторождений в зоне криогенеза и вне ее. К сожалению, в списке литературы отсутствует монография Питулько ВМ. «Вторичные ореолы рассеяния в криолитозоне», 1977, которая была бы крайне полезна автору в рассматриваемом им вопросе.*

Вторая глава является основой первых двух защищаемых положений, поэтому ее стоит рассмотреть более подробно. Для выявления основных условий и факторов, определяющих специфику процессов окислительного выщелачивания, проведены экспериментальные исследования, методика и анализ полученных результатов которых представлены в этой главе. Экспериментальные исследования взаимодействия сернокислых растворов с рудами Удоканского месторождения проводились при: 1) различной кислотности модельных растворов ($\text{pH}=0.6$, $\text{pH}=1$, $\text{pH}=2$, $\text{pH}=3$), 2) разном соотношении твердой и жидкой фазы, 3) положительных и отрицательных температурах, 4) взаимодействии с сульфидными и окисленными рудами, 5) разном времени взаимодействия. Автором установлена различная степень влияния указанных факторов на процессы криогенного выщелачивания химических элементов из руд. Среди изученного 31 химического элемента выделены группы по особенностям поведения, так при положительных температурах активно переходят в раствор Ca, Be, Mn, Y, Cr, Co, Ni, Sr, K,

Na, а при отрицательных – Cu, Ag, Pb, Al, Ti, Zr, P. Из представленного материала становится понятным, что была выполнена большая работа по проведению экспериментальных исследований и их интерпретации, что является одной из сильных сторон диссертационной работы.

К данной главе есть следующие замечания:

1. Для проведения экспериментальных исследований автором использованы растворы, которые по физико-химическим условиям и химическому составу весьма далеки от природных вод. Было бы интересно посмотреть, каким образом происходит трансформации состава природных вод (например, атмосферных осадков) при взаимодействии с рудами Удоканского месторождения. Автором же показаны особенности трансформации кислых растворов при взаимодействии с медными рудами. Было бы полезным, если бы соискатель привел объяснение, что имитирует выбранная схема эксперимента.

2. В некоторых экспериментах концентрация меди в растворе, определялась автором с помощью метода ускоренного фторо-йодометрического титрования. При существующем многообразии методов анализа жидких сред (в том числе и использованных в данной работе) осталось не понятным, почему автором была выбрана именно эта методика. В работе не приводятся метрологические характеристики выбранного метода, что является весьма важным при интерпретации полученных результатов.

3. Во втором защищаемом положении автор указывает, что «главным фактором криогенного окислительного выщелачивания руд является объем незамерзающего раствора, зависящего от исходной кислотности и температуры» в диссертационной работе на стр. 56 сказано «...значимым фактором криогенного выщелачивания сульфидных руд является исходная кислотность, определяющая объем реактивного незамерзающего раствора». Возникает вопрос, что же является определяющим - объем незамерзающего раствора или исходная кислотность?

4. На стр. 71-72 на рис. 33-36 показаны изменение доли извлечения подвижных элементов из разных образцов медных руд Удоканского месторождения на первые и пятнадцатые сутки эксперимента. Почему происходит снижение доли извлечения химических элементов на пятнадцатые сутки?

Третья глава посвящена геоэкологическим проблемам отработки сульфидных месторождений, приуроченных к зоне распространения многолетнемерзлых пород, и является основой третьего защищаемого положения. Проведенные экспериментальные исследования взаимодействия сернокислых растворов и руд месторождения позволили провести геохимическую оценку потенциальной опасности складироваемых отвалов и прогнозировать воздействие на компоненты геосистемы при разработке Удоканского месторождения. Весь комплекс изученных элементов условно был разделен по потенциальной токсичности на четыре группы. В главе приводится информация об особенностях миграции в природных условиях большого количества химических элементов. Показатель токсичности Удоканское месторождение, рассчитанный автором, соответствует среднему для месторождений меди, однако повышенная мобильность для установленного в работе ряда химических элементов увеличит уровень показателя токсичности. Проведена оценка эффективности применения естественных карбонатных барьеров для нейтрализации кислых дренажных вод.

Некоторые замечания:

1. Приведенная в данной главе информация об особенностях миграции в природных условиях большого количества химических элементов является положительным моментом представленной работы. Однако не совсем понятен выбор элементов, для которых приведено описание. Если описание таких элементов как Cu, Pb, Be, Ag, Cd, Al, отнесенных автором к группе опасных токсичных элементов, является необходимым, то для чего приведено описание таких элементов как Sc, Ti, Zr. Особенно интересным в данном разделе могли бы быть результаты физико-химического моделирования форм нахождения рассматриваемых элементов непосредственно в сернокислых растворах и при их разбавлении природными водами.

2. При сопоставлении максимальных концентраций химических элементов в сернокислых растворах с ПДК (стр. 80) использовались данные, полученные в результате экспериментальных исследований при каком соотношении раствора и руды? Возможно ли спрогнозировать реальное соотношение раствор-руда, которое будет формироваться при разработке Удоканского месторождения?

Все сделанные замечания не несут принципиального значения, не ставят под сомнение основные положения и выводы работы и призваны помочь автору раскрыть преимущества проведенных исследований.

Следует отметить, что диссертационной работы, явилась определенным итогом исследований автора Е.С. Эповой по изучению особенностей криогенной миграции химических элементов на примере района Удоканского месторождения. Защищаемая соискателем работа написана литературным языком и хорошо оформлена. Представленный в ней фактический материал и сделанные выводы имеют научный потенциал и практическую значимость, которые могут быть использованы для оценки и прогнозирования масштабов загрязнения окружающей среды при разработке рудных месторождений, для совершенствования геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых в криолитозоне и т.д. Автореферат и публикации отвечают содержанию диссертации и отражают полученные в ней результаты, достоверность которых не вызывает сомнений.

Таким образом, работа **Эповой Екатерины Сергеевны** «Геоэкологические аспекты поведения химических элементов в условиях криогенной зоны окисления на примере Удоканского месторождения (восточное Забайкалье)» полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор - **Е.С. Эпова** достойна присуждения искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 – геоэкология (науки о Земле).

Старший научный сотрудник ПНИЛ
гидрогеохимии, НОЦ «Вода»,
Томский политехнический университет,
кандидат геолого-минералогических наук

Ученый секретарь ТПУ

06.06.2014



Н.В. Гусева

О.А. Ананьева